

气候变化背景下湖北省稻谷产量影响因素研究

——基于湖北省 78 个县市面板数据的分析

曾小艳¹,陶建平^{1,2}

(1. 华中农业大学 经济管理学院,湖北 武汉 430070; 2. 湖北农村发展研究中心,湖北 武汉 430070)

摘要 根据 1990—2009 年湖北省 78 个县市与稻谷相关的生产数据和气候数据,运用经济-气候模型分析了包括气候因子在内的各个因素对湖北省稻谷产量的影响。研究表明:影响稻谷生产的主要气候因子为气温和降水,平均气温与降水变化对湖北省稻谷产量均有着显著负向的影响,平均日照的影响并不显著;其他投入要素对稻谷产量具有正向影响,影响大小依次为播种面积、化肥施用量、农业劳动力、有效灌溉面积、机械总动力,技术进步也具有显著正向的作用。提出了调整作物种植结构、增强农业基础设施、采用金融创新产品等路径以提高适应气候变化能力的政策建议。

关键词 气候变化;湖北省稻谷产量;粮食安全;C-D-C 模型;面板数据

中图分类号:F 304 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2013)05-0074-05

在 20 世纪,农业生产的生长主要依靠各种现代要素的投入以及灌溉、化肥等物质投入,由于多因素的影响,世界各国特别是高度依赖农业的发展中国家的粮食安全面临着种种考验,发展中国家因人均收入低,且缺乏相应的技术,更容易受到气候变化的影响,粮食安全问题因气候变化的影响而变得更加严峻^[1]。因此,气候变化和越来越频繁的极端气候事件会对农业生产以及所需资源长期稳定的获得和利用有着严重威胁。我国的粮食安全主要依靠于粮食的核心生产区,湖北省 2004 年被中央确定为 13 个粮食主产省份之一。湖北省 2011 年粮食播种面积为 4 122.1 千 hm²,产量为 2 388.5 万 t,对国家粮食安全贡献重大。稻谷是湖北省最主要的粮食作物,根据 2010 年《湖北农村统计年鉴》,稻谷产量占粮食总产量的 68.94%。鉴于湖北省粮食生产的重要地位,分析湖北省稻谷产量的影响因素,有助于提升湖北省粮食生产水平、为地方政府调整农业发展战略提供思路,也可为其他粮食生产省份提供一定的借鉴,实现我国粮食整体安全。本文在传统生产函数的基础上引入气候因子,构建综合考虑了气候因素和经济因素的经济-气候模型(简称 C-D-C 模型),采用湖北省 78 个县市 20 年(1990—2009 年)的面板数据来分析包含气候因子的多个因素对湖北省稻谷产量的影响,以解释气候与稻谷产量之间的

关系,为地方政府决策提供相应的科学依据。

一、文献回顾

目前已有的相关文献主要是考虑农户对农业生产的投入和技术进步等因素对作物生产的影响。黄季焜等认为技术进步对粮食生产相对贡献率超过 100%,属绝对重要的因素^[2]。我国农业部编著的《国家农业政策分析与决策支持系统》一书中,通过对建国 50 年以来数据的测算,分析了我国粮食生产的物质投入,结果表明化肥施用量、农业机械总动力等为粮食增长做出了很大贡献,其中化肥的影响最大。朱再清等认为粮食播种面积与耕地面积是影响粮食波动的重要构成要素^[3]。谢琼等采用 2000—2006 年 13 个粮食主产区的面板数据,对粮食生产进行了典型相关分析,表明土地和劳动力的贡献突出,而资本投入的作用有待进一步发掘^[4]。

促进作物生长的因素,通常包括增加各种物质要素的投入、提高管理水平等,但在气候显著变化的情况下,不可忽视气候因素对农业生产的影响^[5]。目前,气候变化对农作物生产影响的研究主要从自然科学和社会经济 2 个角度展开。自然科学角度方面,主要是从自然生态因素的变化来讨论农业生产受到的影响,包括构建模型对作物生长进行动态模拟来分析作物在一定气候条件下的生长潜力和气候

收稿日期:2013-03-06

基金项目:国家自然科学基金项目“基于保险主体效用与互动博弈的最优农业保险契约形成机制研究”(71173086)。

作者简介:曾小艳(1984-),女,博士研究生;研究方向:农村金融与保险。E-mail:zxy.yolanda@gmail.com

变化效应^[6]。自然科学角度的研究采用的是自然实验研究方法,需要大量的观测实验,一般不考虑社会经济因素,而农业生产受气候因素与社会经济因素共同的影响,所以用这种方法得到的研究结果与实际存在一定程度的偏差。从社会经济角度的研究主要借助于加入气候变化因素的经济模型。丑洁明等将气候变化方面的研究与农业经济研究相结合,在传统C-D生产函数的基础上,引入气候因子,构建C-D-C模型来评价气候因素对粮食产量的影响,结果显示,3月和6月的降水量对全年粮食产量有着重要影响,而且其拟合程度明显好于没有添加气象因子的情况^[7]。周曙东等运用省级面板数据分析了包含气候因素的各要素对中国南方水稻产量的影响,认为温度对西南、华南、华东和华中地区都有负的影响,降水对华南、华中和华东地区有负的影响,而对西南地区为正影响^[8]。从上述研究来看,在经济理论分析的基础上,加入气候因子的经济模型,是研究气候变化与农业经济关系的有效途径。

粮食产量的影响因素研究一直是研究的热点,已有研究多从物质要素、技术进步方面进行,气候因素影响方面的实证研究较少;已有考虑气候因素的研究大多是基于整个中国、或者中国多个省份的情况,而全国范围的气候差异较大,不具有较强的针对性,针对湖北省内县市的实证研究较少见。

二、模型设定与数据处理

1. 模型设定与指标选取

传统C-D生产函数能较好地描述生产要素与产量间的关系,作物生长过程是光、温、水等因素共

同作用的结果,气候因素虽然与劳动、资本、土地等因素不同,不是生产要素,但是却会影响生产要素的使用效率^[9]。本文采用了经济-气候模型,将气候因子作为外生变量引入C-D生产函数模型,用来估计天气气候因素对稻谷产量的影响程度,基本模型的具体形式是^[10]:

$$\ln y_{it} = \alpha_0 + \sum_{k=1}^K \alpha_k \ln x_{kit} \quad (1)$$

式(1)中, y_{it} 指区域*i*在时间*t*的稻谷产量, x_{kit} 指因素*k*在区域*i*时间*t*的投入量, α_j ($j=0,1,\dots,K$),为待估计参数。

分析数据包括与稻谷生产相关组成变量的湖北省78个县市的面板数据,以及从1990—2009年的气候数据,所有数据均是每年的数据。假定作物产量是各种物质投入要素、技术、管理、土地和气候因素的函数,气候因素虽然不是生产因素,却会影响到生产要素投入的数量。因此,被解释变量为稻谷产量,而由于资料的限制,选取的解释变量包括播种面积、农业劳动力,有效灌溉面积、机械总动力、化肥施用量,同时气候数据包括年平均气温、年平均降水总量和年平均日照总时数。除了各主要投入要素以外,引入时间趋势项*t*以体现技术进步对稻谷产量的影响。各主要变量的描述性统计见表1。

根据表1,稻谷产量与主要投入因素最大值与最小值间差距很大,波动幅度也较大,反映了生产投入与获得收益的不确定性。这主要是因为,稻谷种植的分布区域较广、水平差异大。气候因素中,气温的波动较小,而降水的波动较大,3个气候因子的变化会对稻谷产量造成不同程度的影响。

表1 主要变量的描述性统计

变量	平均值	标准差	最小值	最大值
稻谷产量(<i>o</i>)/t	221 443.80	218 473.90	262.00	1 764 476.00
有效灌溉面积(<i>i</i>)/千 hm ²	31.49	31.08	0.66	394.37
化肥施用量(<i>f</i>)/t	32 606.83	32 522.04	206.00	417 352.00
农业劳动力(<i>l</i>)/万人	15.92	9.69	0.80	81.16
机械总动力(<i>m</i>)/kw	214 035.20	230 146.70	11 261.00	2 945 119.00
播种面积(<i>a</i>)/千 hm ²	30.14	27.73	0.06	200.63
平均气温(<i>t</i>)/℃	16.65	1.14	11.47	18.80
平均降水(<i>r</i>)/mm	1 304.23	513.61	473.30	10 095.60
平均日照(<i>s</i>)/h	1 720.91	433.77	809.30	11 551.80

除了播种面积,其他各个投入要素并不仅仅用在稻谷上面,为衡量对稻谷的投入要素,参照大多数学者的做法^[8,10],对稻谷生产中各个县市具体的农业劳动力、化肥施用量和机械总动力以及有效灌溉面积大小做了如下处理:化肥投入量=化肥施用

量×(稻谷播种面积/农作物播种面积);灌溉投入=有效灌溉面积×(稻谷播种面积/农作物播种面积);农业劳动力投入量=农林牧渔业从业人员数×(农业总产值/农林牧渔总产值)×(稻谷播种面积/农作物播种面积);农业机械投入量=农业机械总动力×

(农业总产值/农林牧渔总产值)×(稻谷播种面积/农作物播种面积)。

2. 数据处理与说明

本文所有数据均来自于《湖北农村统计年鉴》和湖北省气象局。由于 20 年间(1990—2009 年)湖北省一些县市进行了合并、分立或改名,为使前后统计口径一致,本文根据《湖北农村统计年鉴》,对一些县市的合并分立进行了一些处理。包括:江陵县与荆州市辖区、沙阳县与荆门市辖区、孝昌县与孝感市辖区、团风县与黄冈市辖区均合并为一个区域,汉南区、东西湖区与蔡甸区合并为一个区域,曾都区即为随州市辖区、咸安区即为咸宁市辖区,武汉市辖区指除蔡甸、江夏、黄陂、新洲之外的市辖区等。

搜集 1990—2009 年的气象数据,数据较多,容易出现数据缺失、无效数据等问题。而数据准确性直接影响研究结果的准确性,为研究方便及提高数据准确度,对气象数据进行了如下处理^[11]。

由于各气象站建立时间不一致,或由不可控制因素导致某气象站在某时间点某个气象因素没有观测值的问题,因此在搜集到的气象数据中,有 2 类特殊观测值对应特殊含义:观测值为“32 766”表明该观测站该气象因子缺测,而“32 744”表明该观测站该气象因子无观测。对某月中部分观测值为 32 766 或 32 744 的气象因子,取该月正常观测值的平均值代替,对某月观测值全部是 32 766 或 32 744 的气象因子,取同一站点前五年同一月的值代替。气象数据中有 27 064 条记录存在未观测数据或缺测数据的情况,从 1990—2009 年总记录数为 564 678 条记录,缺测数据仅占总数据的 4.79%,因此以相应的平均值代替缺失值不会影响结果的有效性。另外夷陵区和襄阳区无观测气象数据,夷陵区采用周围远安、当阳、秭归、兴山、枝江、长阳和保康数据的平均值代替;襄阳区采用周围枣阳、老河口、谷城、宜城和南漳数据的平均值代替。

其他指标数据的缺失均采用正常观测值的平均值代替。

三、模型估计与分析

1. 模型的估计

本文采用了湖北省 78 个县市的的面板数据,面板数据指在一定时间内跟踪同一组个体的数据,它既有横截面的维度(n 个个体),又有时间维度(T 个时期)^[12],由于面板数据同时具有横截面和时间 2 个

维度,它能反映单独的截面数据或时间序列数据所不能解决的问题,面板数据也能显著增加样本空间,提高自由度,提供更多个体信息,使估计结果更准确。估计面板数据的一个极端策略是将其看成截面数据进行混合回归(pooled regression),另一个极端策略是为每个个体估计一个单独的回归方程,前者忽略了个体间的异质性,后者则忽略了个体间的共性。实践中通常采用折中的估计策略,即采用个体效应模型,具体又分为固定效应模型(Fixed Effects Model, FE)和随机效应模型(Random Effects Model, RE)^[12]。已有的研究通过对混合 OLS 方法、固定效应模型和随机效应模型比较,选取其中的一种估计方法,但是面板数据若存在组内自相关、组间异方差和组间截面相关等问题时,这几种方法的估计结果效果并不理想。在这种情况下,可以考虑采用可行广义最小二乘法来进行估计(Feasible GLS, FGLS)^[10,12]。

本文运用 Stata10.0 软件,分别采用混合回归、固定效应模型(FE)、随机效应模型(RE)和 FGLS 对模型进行估计,结果见表 2,其中混合回归、FE 和 RE 都使用了聚类稳健标准差。可以看到不管是 FE 与 RE,还是混合回归,估计效果均不是很好,而 FGLS 的估计结果最为稳健。

表 2 模型的估计结果

变量	混合回归	固定效应	随机效应	FGLS
lni	0.075** (2.83)	-0.087* (-2.47)	0.040 (1.39)	0.059*** (5.19)
lnf	0.187*** (6.94)	0.102*** (5.55)	0.141*** (6.01)	0.122*** (11.68)
lnl	-0.033 (-0.83)	-0.011 (-0.36)	-0.023 (-0.86)	0.094*** (4.11)
lnm	0.045 (1.64)	0.021 (1.26)	0.029 (1.63)	0.045*** (3.36)
lna	0.756*** (11.48)	0.726*** (13.79)	0.735*** (12.18)	0.714*** (31.28)
lnt	-0.447 (-1.61)	0.452** (2.82)	0.574*** (3.34)	-0.340*** (-3.43)
lnr	-0.167*** (-5.20)	-0.040** (-2.80)	-0.060*** (-3.77)	-0.066*** (-3.61)
lns	0.018 (0.28)	-0.080 (-1.52)	-0.039 (-1.18)	-0.014*** (-0.53)
时间趋势项 t				0.014*** (4.20)

注:*、**、*** 分别代表在 10%、5% 和 1% 的显著水平。括号中数据为标准误。

运用 Stata 软件对面板数据进行相关统计检验,检验结果见表 3。

表3 估计方法的选择

检验内容	检验结果
组间异方差检验	$\chi^2(78) = 65\ 526.72$; $\text{Prob} > \chi^2 = 0.000\ 0$
组内自相关检验	$F(1, 77) = 28.222$; $\text{Prob} > F = 0.000\ 0$
组间截面相关检验	Pesaran's test of cross sectional independence = 70.608; $Pr = 0.000\ 0$

可以看到,沃尔德检验强烈拒绝“组间同方差”的原假设,即认为存在“组间异方差”;同时,结果也强烈拒绝“不存在一阶组内自相关”的原假设;组间截面相关检验只列出了Pesaran检验,事实上,Friedman和Frees检验的 P 值均小于0.01,故强烈拒绝“无截面相关”的原假设,认为存在组间截面相关。考虑到上述检验结果以及模型最终的估计结果,本文最终选取了FGLS估计方法,该估计方法能较好地解决上述问题,使模型估计结果更稳健。

2. 估计结果分析

根据上述分析和FGLS的估计结果,得到包含气候因子在内的各个因素对稻谷产量的影响程度。

(1)除气候外其他投入要素的影响。考虑各投入因素对稻谷产量的边际影响,发现土地很重要,模型估计结果中播种面积的系数是0.714,在1%的水平上非常显著。对比土地,其他投入因素的估计系数都显得相对较小。这样高的播种面积系数可以解释为:土地已变成稻谷种植进一步扩展的严重约束,因为增加面积的可能性越来越小,并且在一些区域,可耕地面积,特别是肥沃的土地,正在因为城镇化的增加而缩减,以及因为环境压力导致土壤降级和荒废^[13]。

化肥施用量和机械总动力对湖北省稻谷生产的影响也是正向的,尽管影响程度有所不同。具体地,模型估计结果表明化肥施用量影响的估计系数是0.122,在1%水平下很显著。化肥在整个中国农业生产中的施用是很密集的,在这里,化肥施用量的边际影响为正。机械总动力的影响系数是0.045,在1%水平也统计显著。基于中国的国情,湖北省以单个家庭经营种植为主,没有能够大规模种植稻谷,导致大机械通常没有使用,也使得小型机械更为普遍。农业劳动力和有效灌溉面积的系数分别为0.094和0.059,说明在湖北省,农业劳动力和有效灌溉面积的增加对稻谷产量的增长有一定的促进作用。

(2)气候变化的影响。现在考虑气候因素对稻谷产量的影响,可以发现气温与降水因素均有着负的、非常显著的边际影响,说明在湖北省,平均气温的升高会引起稻谷总产量的下降,原因可能是因为温度升高导致稻谷生长发育加快,生长期缩短,有效

分蘖减少使得总干重与穗重减少,进而影响产量。平均气温的影响系数为-0.340,这个结果与周曙东等^[7]的研究结果一致。而Wang等^[14]的研究表明,气温因素对整个中国区域的粮食产量影响因素为正,这说明气温升高对不同区域不同作物的影响是有差异的,也反映了不同地区适应气候能力的不同。

同时也发现平均降水的影响系数是-0.066,在1%的水平下统计显著,但持续日照的估计结果并不显著,这可能因为稻谷与气温和降水的相关程度较高,而与日照的关系并不是很明确。稻谷需要稳定的供水量,但是降水过多可能会导致洪涝灾害的发生^[15],对其生产会产生负面的影响,例如强降水导致稻田灌水过深,使含氧量少抑制分蘖,处于开花授粉期的早稻若受到暴雨冲击,授粉结实率会大受影响,影响最终的产量。

四、结 论

本文采用湖北省78个县市1990—2009年的面板数据及78个气象站的气象数据,在组内自相关、组间异方差和组间截面相关检验的基础上,最终对面板数据模型采用FGLS估计,实证分析了包含气候因子的多个因素对湖北省稻谷产量的影响,得到以下2点主要结论。

第一,平均气温与降水变化对湖北省稻谷产量均有着显著负向的影响,而平均日照的作用,则相对不是很显著。

第二,其他的投入要素对稻谷产量均具有显著的正向影响,其影响大小依次为播种面积、化肥施用量、农业劳动力、有效灌溉面积、机械总动力。技术进步也具有显著正向的作用。

稻谷的生长与气候条件息息相关,尤其是本文研究中的气候因子:气温、降水和日照。以上结论,可为我国的农业生产政策制定提供参考,地方政府在制定相关政策时应充分考虑,以有效促进农业种植的长足发展。

(1)既然土地对稻谷生产有着较高的产出弹性,但是在我国却有着严格的约束,可以考虑其他可使用的方法来提高稻谷产出水平。根据本文的分析,基于对产出的正向影响作用,增加化肥施用量、农业劳动力、有效灌溉面积和机械总动力都是有利的措施。

(2)因为平均气温与降水的影响均为负向,有关部门应加强气象信息服务的建设,使农户积极采取措施以减少气候变化的不利影响,如调整作物种植

结构、改造农业基础设施(水利设施、灌溉设施等)、引进新的作物品种等,以提高应对气候变化和减灾能力、减少气候变化对作物产量的影响。

(3)增强农业基础设施、改进农业生产技术、改善土地管理等防范措施虽能有效减轻天气风险对农业生产造成的损失,但农业保险的灾后重建功能是其其他措施无法替代的^[16]。天气指数产品作为近年来的金融创新产品,成为缓解农业天气气候变化风险损失的重要途径,天气指数保险及天气衍生品发展成为适应气候变化的重要策略,政府应积极倡导推行。

参 考 文 献

- [1] ROSENZWEIG C, PARRY M. Potential impact of climate change on world food supply[J]. *Nature*, 1994(367):133-138.
- [2] 黄季焜, SCOTT R. 迈向 21 世纪的中国粮食经济[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [3] 朱再清, 陈昉源. 湖北省粮食总产波动状况及其原因分析[J]. *华中农业大学学报: 社会科学版*, 2003(2):13-16.
- [4] 谢琼, 王雅鹏. 从典型相关分析洞悉我国粮食综合生产能力[J]. *数理统计与管理*, 2009(11):1108.
- [5] 罗小锋, 江松颖, 冷俊磊. 江汉平原农户灾害脆弱性分析[J]. *华中农业大学学报: 社会科学版*, 2012(1):17-20.
- [6] 刘天军, 蔡起华, 朱玉春. 气候变化对苹果主产区产量的影响——来自陕西省 6 个苹果生产基地县 210 户果农的数据[J]. *中国农村经济*, 2012(5):32-40.
- [7] 丑清明, 叶笃正. 构建一个经济—气候新模型评价气候变化对粮食产量的影响[J]. *气候与环境研究*, 2006, 11(3):347-353.
- [8] 周曙东, 朱红根. 气候变化对中国南方水稻产量的经济影响及其适应策略[J]. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(10):152-157.
- [9] 崔静, 王秀清, 辛贤, 等. 生长期气候变化对中国主要粮食作物单产的影响[J]. *中国农村经济*, 2011(9):13-22.
- [10] RAINER H, YU X H, CAROLA G. Climate change, risk and grain production in China[C]// Courant Research Center. Poverty, equity and growth in developing and transition countries: statistical methods and empirical analysis, 2011.
- [11] 高峰. 气候条件对湖北省马铃薯产量的影响[D]. 武汉: 华中农业大学经济管理学院, 2011.
- [12] 陈强. 高级计量经济学及 Stata 应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [13] SMIT B, CAI Y. Climate change and agriculture in China[J]. *Global Environmental Change*, 1996, 6(3):205-214.
- [14] WANG J X., MENDELSON R, DINAR A, et al. The impact of climate change on China's agriculture[J]. *Agricultural Economics*, 2009(40):323-337.
- [15] 陈波, 方伟华, 何飞, 等. 湘江流域洪涝灾害与降水的关系[J]. *自然灾害学报*, 2008, 17(1):92-97.
- [16] 魏华林, 吴韧强. 天气指数保险与农业保险可持续发展[J]. *财贸经济*, 2010(3):5-11.

Factors Influencing Rice Yield in Hubei Province under Climate Changes

——Based on Analysis of Panel Data from 78 Counties in Hubei Province

ZENG Xiao-yan¹, TAO Jian-ping^{1,2}

(1. College of Economics and Management, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei, 430070;

2. Hubei Rural Development Research Center, Wuhan, Hubei, 430070)

Abstract Based on rice production data and climate data from 78 counties in Hubei Province from 1990 to 2009, this paper uses economic-climate model (C-D-C Model) to analyze the factors such as climate factor influencing rice production in Hubei Province. The result shows that the major climatic factors affecting rice production are temperature and precipitation, changes of average temperature and precipitation both have a significantly negative impact on rice production in Hubei Province, while average sunshine did not have significant influence. Other input factors have a positive impact on rice production, from the highest to the lowest, sown area, the amount of chemical fertilizer, agricultural labor, effective irrigation area, total mechanical power and technological advances also have a significant positive impact. Therefore, this paper proposes several policy recommendations on how to improve the adaptation to climate changes, such as adjusting the crop structure, strengthening the agricultural infrastructure and adopting financial innovation products.

Key words climate change; rice output of Hubei Province; food safety; Cobb-Douglas climate production function; panel data

(责任编辑:陈万红)